

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-162460

(43)Date of publication of application : 20.06.1997

(51)Int.Cl.

H01L 43/08

G11B 5/39

H01F 10/08

H01L 43/10

(21)Application number : 07-318753

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO
LTD

(22)Date of filing : 07.12.1995

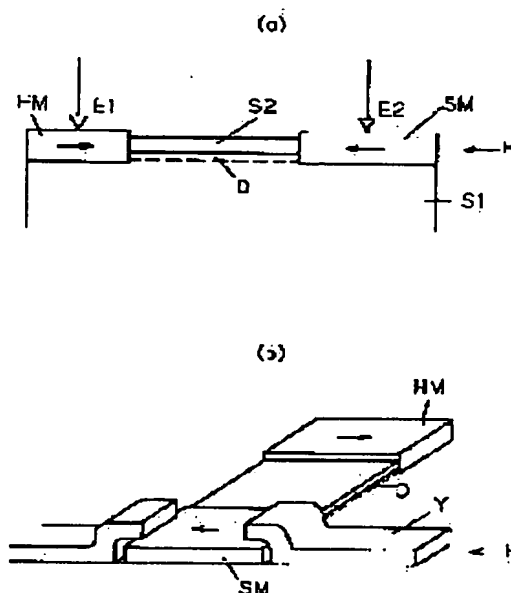
(72)Inventor : SAKAKIMA HIROSHI
UENOYAMA TAKESHI

(54) MAGNETORESISTIVE EFFECT DEVICE AND MAGNETORESISTIVE EFFECT HEAD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To realize a magnetoresistive effect device and a magnetoresistive effect head which can generate a large change in magnetic resistance even in a fine magnetic field.

SOLUTION: The device is provided with a hard magnetic film HM and a soft magnetic film SM on both ends of a high-mobility electron transport part D of semiconductor hetero structure boundary surface respectively, and a magnetic field to be detected is applied to the film SM to generate reverse magnetization, so that any change in resistance is used to judge whether its magnetizing direction is parallel or anti-parallel to that of the film HM magnetized in one direction. A yoke is further provided to the device, thereby realizing a magnetoresistive effect head capable of detecting a fine signal magnetic field from a magnetic medium.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-162460

(43) 公開日 平成9年(1997)6月20日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 43/08			H 0 1 L 43/08	Z
G 1 1 B 5/39			G 1 1 B 5/39	
H 0 1 F 10/08			H 0 1 F 10/08	
H 0 1 L 43/10			H 0 1 L 43/10	

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平7-318753

(22) 出願日 平成7年(1995)12月7日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 榎間 博

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 上野山 雄

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

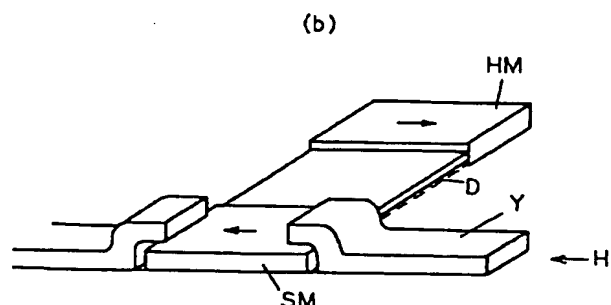
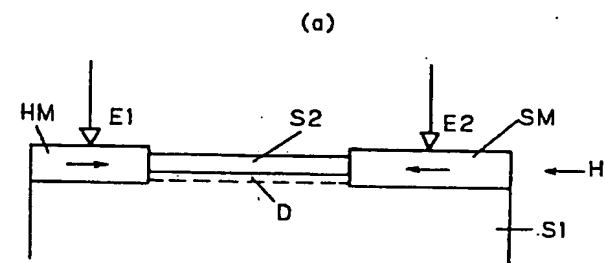
(74) 代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子及び磁気抵抗効果型ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 微小磁界で大きな磁気抵抗変化が生じる磁気抵抗効果素子及び磁気抵抗効果型ヘッドを可能とする。

【解決手段】 図1(a)に示すように半導体ヘテロ構造界面の高移動度電子輸送部の両端に硬質磁性膜と軟磁性膜を設け、検知すべき磁界を軟磁性膜に印加して磁化反転をおこし、一方向に磁化された硬質磁性膜との磁化方向が平行か反平行かで抵抗が変化することを利用した磁気抵抗効果素子。更に図(b)に示すようにヨークを設けることにより磁気媒体からの微小信号磁界を検知する磁気抵抗効果型ヘッドが可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】半導体ヘテロ構造界面に形成された移動度の高い電子輸送部と、この両端の一方に設けられた一方向に磁化された磁化曲線が角型性の良好な金属硬質磁性膜、及び他方に設けられた磁界検知用金属軟磁性膜、更に上記金属硬質磁性膜と金属軟磁性膜それぞれに設けられた抵抗変化検出用電極部より成ることを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】半導体ヘテロ構造界面に形成された移動度の高い電子輸送部と、この両端の一方に設けられた一方向に磁化された磁化曲線が角型性の良好な金属硬質磁性膜、及び他方に設けられた磁界検知用金属軟磁性膜とこれに磁気媒体からの信号磁界を導くためのヨーク、更に上記金属硬質磁性膜と金属軟磁性膜それぞれに設けられた抵抗変化検出用電極部より成ることを特徴とする磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項3】特に金属軟磁性膜に、 $\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Fe}_z$ を主成分とし原子組成比で X は $0.6 \sim 0.9$ 、 Y は $0 \sim 0.4$ 、 Z は $0 \sim 0.3$ である強磁性膜を用いることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子

【請求項4】金属軟磁性膜に、 $\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Fe}_z$ を主成分とし原子組成比で X は $0.6 \sim 0.9$ 、 Y は $0 \sim 0.4$ 、 Z は $0 \sim 0.3$ である強磁性膜を用いることを特徴とする請求項2記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項5】金属軟磁性膜に、 $\text{Ni}_x'\text{Co}_y'\text{Fe}_z'$ を主成分し原子組成比で X' は $0 \sim 0.4$ 、 Y' は $0.2 \sim 0.95$ 、 Z は $0 \sim 0.5$ である強磁性膜を用いることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項6】金属軟磁性膜に、 $\text{Ni}_x'\text{Co}_y'\text{Fe}_z'$ を主成分し原子組成比で X' は $0 \sim 0.4$ 、 Y' は $0.2 \sim 0.95$ 、 Z は $0 \sim 0.5$ である強磁性膜を用いることを特徴とする請求項2記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項7】金属硬質磁性膜が主成分の一つとして Co を含有していることを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項8】金属硬質磁性膜が主成分の一つとして Co を含有していることを特徴とする請求項2記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【請求項9】金属磁性膜と半導体部との間に非磁性金属膜を設けたことを特徴とする請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項10】金属磁性膜と半導体部との間に非磁性金属膜を設けたことを特徴とする請求項2記載の磁気抵抗効果型ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はセンサー等の磁気抵抗効果素子及び磁気抵抗効果型ヘッドに関するものである。

【0002】

【従来の技術】近年 Cr 、 Ru 等の金属非磁性薄膜を介して反強磁性的結合をしている $[\text{Fe}/\text{Cr}]$ 、 $[\text{Co}/\text{Ru}]$ 人工格子膜が強磁場（ $1 \sim 10 \text{ kOe}$ ）で巨大磁気抵抗効果を示す発見された（フィジカルレビュー 61 第2472項（1988年）；同 64 第2304項（1990）（Physical Review Letter Vol. 61, p2472, 1988; 同 Vol. 64, p2304, 1990））。これらの膜は大きな磁気抵抗（MR）変化を示すものの、磁性膜間が反強磁性的に結合しているためMR効果を生じるのに必要な磁界が数kOeと大きく実用上問題があった。又金属非磁性薄膜 Cu で分離され磁氣的結合をしていない保磁力の異なる磁性薄膜 Ni-Fe と Co を用いた $[\text{Ni-Fe}/\text{Cu}/\text{Co}]$ 人工格子膜でも巨大磁気抵抗効果が発見され、室温印加磁界 0.5 kOe でMR比が約8%のものが得られている（ジャーナル オブ フィジカル ソサィティー オブ ジャパン 59 第3061頁（1990年）（Journal of Physical Society of Japan Vol. 59, p3061, 1990））。しかしこの場合でも完全に磁性膜間の磁氣的結合を断つことが困難で更に小さな印加磁界でより大きなMR変化を示す磁気抵抗効果素子の開発が課題であった。なお人工格子膜の膜面に垂直方向に電流を流すと大きなMR変化が得られるが、膜が極めて薄いため膜面垂直方向の抵抗は極めて低く、この様な構成は実用上問題がある。微小印加磁界で動作するものとしては反強磁性材料の Fe-Mn を $\text{Ni-Fe}/\text{Cu}/\text{Ni-Fe}$ につけたスピントバルブ型のものが提案され（ジャーナル オブ マグネティズム アンド マグネティック マテリアルズ 93 第101頁（1991年）（Journal of Magnetism and Magnetic Materials 93, p101, 1991））、磁気抵抗効果型ヘッドへの応用が検討されている。しかしながらこの場合はMR変化が $2 \sim 4\%$ と小さい問題点がある。

【0003】一方磁気抵抗効果素子としてではないが新規なトランジスタとして、電極部に磁性体を用い、半導体ヘテロジャンクションの電子スピン状態をゲート電圧により制御した電界効果型トランジスタ（FET）が提案されている（Appl. Phys. Lett. 56, p665（1990））。しかしながらゲート電圧でスピン状態の制御が可能かどうかの実証はされておらず、実用化の可能性は未知である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】従来の人工格子膜を用いた磁気抵抗効果素子は大きな磁気抵抗（MR）変化率を示すものの、印加磁界が大きくなると良好な特性を示さないといった磁界感度が悪い欠点があり、一方スピントバルブ型のもは磁界感度は良好なものの、MR変化率が十分大きくない欠点がある。本発明はこれら課題を解決し、より小さな磁界でより大きなMR変化を示す磁気抵抗効果素子を可能とするものである。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明は微小磁界でも容易に磁化反転する軟磁性膜と一方向に磁化された角型性の磁化曲線を有する硬質磁性膜間とを半導体ヘテロ構造

界面に形成された移動度の高い電子輸送部により接続し、軟磁性膜と硬質磁性膜の磁化方向が平行か反平行かによって上記素子部の抵抗が変化することを利用するものである。

【0006】更に磁気ヘッドとして用いる場合は磁気媒体に記録されている箇所は小さくかつ媒体からの信号磁界は弱いため、これを効率良く軟磁性膜に導くための軟磁性体より成るヨークを備えることが実用上有効である。

【0007】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態を図1(a)、(b)を用いて説明を行う。同図(a)において電子は両磁性膜部に設けられた電極Eのどちらか一方から注入されるが(例えば電極E1から注入)、磁性膜部(この場合は硬質磁性膜HM)を通過する時、電子は矢印(→)の方向にスピン偏極され、他方の磁性膜(この場合は軟磁性膜SM)までは半導体S1、S2のヘテロ構造界面に形成された移動度の高い電子輸送部Dをスピン散乱されることなく通過し、他方の磁性膜スピンと電子のスピンが平行か反平行かにより抵抗が変化することを利用し、検知すべき磁界Hにより上記軟磁性膜SMの磁化方向(即ちスピンの方向)を変化させ磁界を検知するものである。上記の半導体ヘテロ構造界面に形成された電子輸送部Dでは移動度が極めて高く、電子はスピン散乱を受けることなく、スピン偏極された状態を維持することが出来る。又硬質磁性膜は一方向に磁化しておき、検知すべ



を主成分とし、原子組成比が

$$X=0.6\sim 0.9, Y=0\sim 0.4, Z=0\sim 0.3$$

のNi-richの磁性膜が望ましく、その代表的なものはNi_{0.8}Co_{0.15}Fe_{0.05}、Ni_{0.68}Co_{0.2}Fe_{0.12}等である。これら



を主成分し、原子組成比が

$$X'=0\sim 0.4, Y'=0.2\sim 0.95, Z=0\sim 0.5$$

のCo-richの磁性膜があり、その代表的なものはCo_{0.9}Fe_{0.1}、Co_{0.7}Ni_{0.1}Fe_{0.2}等である。

【0012】硬質磁性膜としては検知すべき磁界で磁化反転しないように保磁力が大きく角型の磁化曲線を有するものが望ましい。又素子が大きな磁気抵抗効果を示すには主要構成元素の一つとしてCoを含有することが望ましい。その代表的なものはCo、Co_{0.5}Fe_{0.5}、Co_{0.75}Pt_{0.25}等である。

【0013】高移動度の電子輸送部を形成するには選択ドーピングにより得られる半導体ヘテロジャンクションの反転層を用いれば良い。代表的なものはInAlAs/InGaAs、GaAs/InGaAs、AlGaAs/GaAs等のヘテロジャンクションである。

【0014】ヨークに用いる磁性膜は高透磁率の軟磁性膜である必要があり、この条件を満足するものとしてはCo_{0.82}Nb_{0.12}Zr_{0.06}等のCo系の非晶質合金膜やNi_{0.8}Fe

磁界により磁化反転しないよう十分保磁力が大きくかつ角型性の良好な磁化曲線を有する必要がある。

【0008】同図(a)のような構造は検知すべき磁界が大きな広がりを持つ場合有効であるが、磁気抵抗効果型ヘッドのように磁気媒体からの微小領域からの微小な信号磁界を検知するには不向きである。この場合は同図(b)に示したように微小信号領域の形状に対応した幅や厚さを有するヨークYにより信号磁界Hを軟磁性膜SMに導く構成が有効で、効率良く磁束を軟磁性膜に導くにはヨークは透磁率の高い軟磁性材料より構成する必要がある。

【0009】従来の人工格子膜やスピンバルブ膜の場合、磁性膜間に設けられた非磁性膜は約2nmと極めて薄く磁気的分離が不十分であったが、本発明は二つの磁性膜は完全に磁気的に分離されており、軟磁性膜が本来の特性を示して微小磁界で磁化回転することが可能となり磁界感度が向上する。更に従来の人工格子膜では積層膜の界面と平行方向に電流を流すため、スピン偏極が不完全でスピン散乱の効率が悪いが、本発明ではスピン偏極した電子を用いるため大きなMR変化が得られることが特徴である。

【0010】本発明の磁気抵抗効果素子及び磁気抵抗効果型磁気ヘッドを構成する軟磁性膜、硬質磁性膜、半導体、ヨーク等には以下のものを用いることが望ましい。

【0011】軟磁性膜としては磁気抵抗変化を生じやすく低磁界で磁化反転しやすい、

— (1)

— (1')

よりやや動作磁界は大きくなるものの、より大きな磁気抵抗変化が得られるものとして

— (2)

— (2')

0.2がある。

【0015】なお下記の観点から半導体部と磁性膜部の間に非磁性金属膜を設けても良い。例えば半導体膜部から磁性体膜部への電子の移動を容易にするには半導体膜側にCs等の非磁性金属膜をつけることが有効である。又磁気抵抗効果の観点からは磁性膜界面につける非磁性金属膜としてはCu、Ag、Au等が有効である。

【0016】これらを併せて半導体部と磁性膜部の界面に非磁性金属膜として、Cs等の膜を半導体と接する側に、上記のCu等の膜を磁性膜と接する側に設けた構成としても良い。

【0017】以下具体的な実施例により本発明の効果の説明を行う。

(実施例1) MBEを用いてGaAs基板上にAlGaAs膜を形成し、AlGaAsにSiをドーピングし、GaAs/AlGaAsヘテロジャンクションを作製し、界面に高移動度層を形成した。ド

ライエッチにより半導体部に溝を作り、 $\text{Co}_{0.7}\text{Ni}_{0.1}\text{Fe}_{0.2}$ を蒸着し、パターニングして軟磁性膜部を形成した。次にドライエッチにより半導体部に溝を作り、 $\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}$ を蒸着しパターニングして硬質磁性膜部を形成した。それぞれの磁性膜部に電極を設けて磁気抵抗素子とした。この素子にヘルムホルツコイルで5000eの磁界を印加して $\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}$ を一方方向に磁化した後、300eの磁界を反対方向に発生して抵抗変化を測定したところ20%のMR変化率が得られた。

【0018】（実施例2）MBEを用いてGaAs基板上にAlGaAs膜を形成し、AlGaAsにSiをドーブし、GaAs/AlGaAsヘテロジャンクションを作製し、界面に高移動度層を形成した。ドライエッチにより半導体部に溝を作り、 $\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}$ を蒸着しパターニングして硬質磁性膜部を形成した。次にドライエッチにより半導体部に溝を作り、 $\text{Ni}_{0.68}\text{Co}_{0.2}\text{Fe}_{0.12}$ を蒸着し、パターニングして軟磁性膜部を形成した。更に SiO_2 をスパッタして絶縁膜をつけた後、 $\text{Co}_{0.82}\text{Nb}_{0.12}\text{Zr}_{0.06}$ 膜をスパッタ法で成膜しパターニングしてヨーク部を形成した。それぞれの磁性膜部に電極とリード部を設けて磁気抵抗効果型ヘッドとした。

このヘッドにヘルムホルツコイルで5000eの磁界を印加して $\text{Co}_{0.5}\text{Fe}_{0.5}$ を一方方向に磁化した後、100eの磁界を反対方向に発生して抵抗変化を測定したところ15%のMR変化率が得られた。

【0019】

【発明の効果】本発明は微小な磁界で大きな磁気抵抗変化が得られる磁気抵抗効果素子及び磁気抵抗効果型ヘッドを可能とするものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】（a）は本発明の磁気抵抗効果素子を示す図

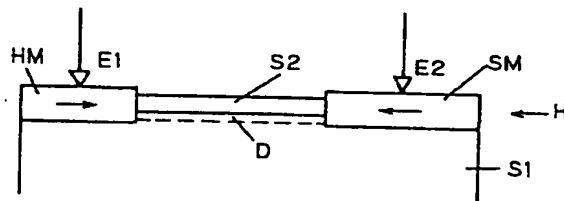
（b）は磁気抵抗効果型ヘッドの構成図

【符号の説明】

HM 硬質磁性膜
E1, E2 電極
S1, S2 半導体
D 高移動度層
SM 軟磁性膜
H 磁界
Y ヨーク

【図1】

(a)



(b)

